

AC

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-297468

(43)Date of publication of application : 10.11.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/07  
 C03C 3/15  
 C03C 13/00  
 G02B 6/00  
 G02F 1/35  
 H01S 3/10  
 H01S 3/17

(21)Application number : 06-088864

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 26.04.1994

(72)Inventor : OISHI YASUTAKE  
 KANAMORI TERUHISA  
 SHIMIZU MAKOTO  
 YAMADA MAKOTO  
 SUDO SHOICHI

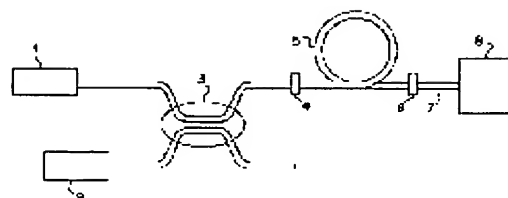
## (54) OPTICAL AMPLIFIER

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To suppress ' gain fluctuation or noise production of an optical amplifier resulting from the hourly fluctuation of the excited light outputting intensity of the amplifier by inserting a light reflecting body into at least wither one of the input and output terminals of the amplifying medium added with rare- earth elements of the amplifier.

**CONSTITUTION:** An optical amplifier amplifies light by using a fluoride optical fiber, the core of which is added with such rare earth elements as Pr and Yb, as an amplifying medium. Namely, light is multiplexed by optically coupling a semiconductor laser 1 for excitation and semiconductor laser 2 for optical signal with a photocoupler 3 and the multiplexed light is made incident to the fiber 5 for amplification composed of a substance added with the rare earth elements. The fiber 5 is optically coupled with the photocoupler 3 by inserting light reflecting bodies 4 and 6 into the end faces of the fiber 5 and, at the same time, with the pigtail 7 of the fiber 5. The output of the pigtail 7 is monitored by means of a light spectrum analyzer 8.

Consequently, such an optical fiber amplifier that the intensity of excited light from the amplifier does not vary and, therefore, the gain the amplifier does not vary can be obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.11.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-297468

(43) 公開日 平成7年(1995)11月10日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup> 識別記号 庁内整理番号 F I 技術表示箇所

H01S 3/07

C03C 3/15

13/00

G02B 6/00

376 B

G02F 1/35

501

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-88864

(22) 出願日 平成6年(1994)4月26日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 大石 泰丈

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 金森 照寿

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 清水 誠

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

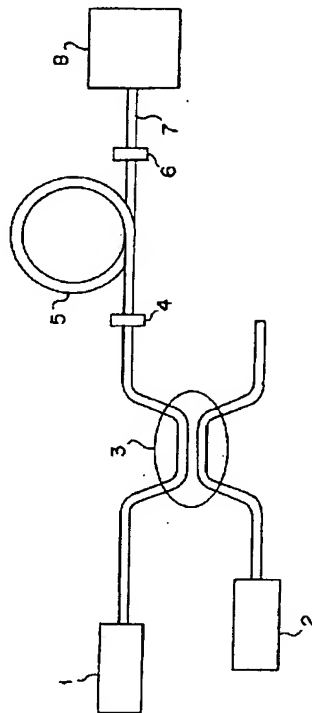
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光増幅器

(57) 【要約】

【目的】 励起光の出力強度の時間変動に伴う利得の変動または雑音の発生を抑制した光ファイバ増幅器を提供する。

【構成】 希土類が添加された物質を増幅媒体とした光増幅器の前記増幅媒体の入力または出力端の少なくとも一方に光反射体を挿入した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 希土類元素が添加された物質を増幅媒体とした光増幅器において、前記増幅媒体の入力または出力端の少なくとも一方に光反射体が挿入されていることを特徴とする光増幅器。

【請求項2】 前記増幅媒体として、コアにプラセオジウム (Pr) およびイッテルビウム (Yb) が添加された光ファイバが用いられていることを特徴とする請求項1に記載の光増幅器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、励起光源の出力変動に起因する利得の変動を抑える構造を有する光増幅器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、光ファイバのコアに希土類イオン、例えば、エルビウム (Er) を添加した光ファイバを増幅媒体とした光ファイバ増幅器が開発され、光通信システムへの応用が進められている。

【0003】 光増幅器に要求される基本特性の一つとして、利得の時間変動ができるだけ小さいことが、挙げられる。これは次のような理由のためである。すなわち、第1に、利得が変動すると、光増幅器より出力される光信号のレベルが変動することになり、そのシステムに決められた受光レベルにまで光信号を増幅できないことが起こる可能性が生じるためである。第2に、アナログ伝送システムに応用した場合、その利得の変動は、雑音の原因となり、伝送特性を劣化させることになるためである。

【0004】 利得変動の原因として、励起用半導体レーザの出力変動がある。Er添加ファイバ増幅器 (EDFA) の場合、 $1.55\mu\text{m}$ の増幅を起こす $^4I_{13/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ 遷移の始準位である $^4I_{13/2}$ 準位の寿命が $10\text{ms}$ 以上であり、約 $100\text{Hz}$ 以上の周波数の励起光の変動には、 $^4I_{13/2}$ 準位のポピュレーションは追従せず、利得の変動は起こりにくい。利得の変動が起こるのは、約 $100\text{Hz}$ より近い励起光変動に対してである。このような低周期の変動には、AGC (automatic gain control: 自動利得制御: 利得をモニターして励起用半導体レーザの駆動電流に制御かけて利得を一定に保つ方法) が有効であり、実際に用いられている。

【0005】 ところで、 $1.3\mu\text{m}$ 帯の光増幅において研究されているプラセオジウム (Pr) 添加ファイバ増幅器 (PDFA) の場合、増幅の始準位である $^1G_4$ 準位の寿命は、 $0.1\text{ms}$ と短く、 $10\text{kHz}$ 程度の励起光の変動によっても利得の変動は起こる。しかし、この程度の変動周波数の場合、AGCにより補正は難しく、現在のところ、利得変動を抑える手法はない。そのため、励起光源の出力変動に起因する利得変動を抑える

手法の開発が望まれているのが現状である。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の課題は、励起光の出力強度の時間変動に伴う利得の変動または雑音の発生を抑制した光ファイバ増幅器、特にPr添加光ファイバ増幅器を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明は、図1に示すように、Yb $^{3+}$ の $^3F_{5/2}$ 準位を励起し、 $^2F_{5/2}$ 準位からPr $^{3+}$ の $^1G_4$ 位へのエネルギー移動により $^1G_4$ 準位を励起して、 $^1G_4 \rightarrow ^3H_5$ 遷移による $1.3\mu\text{m}$ の増幅を起こさせるに際し、Yb $^{3+}$ の $^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ 遷移によるレーザ発信を同時に起こさせることを、最も主要な特徴とする。

【0008】 すなわち、本発明に係る光増幅器は、希土類元素が添加された物質を増幅媒体とした光増幅器において、前記増幅媒体の入力または出力端の少なくとも一方に光反射体を挿入したことを特徴としている。さらに、前記増幅媒体として、コアにPrおよびYbが添加された光ファイバが用いられているものが適当である。

## 【0009】

【作用】 従来のPDFAは、図1に示すように、コアにPrのみを添加したファイバを増幅媒体とし、Prの $^1G_4$ 準位を波長 $1.017\mu\text{m}$ 付近の光で直接励起して $1.3\mu\text{m}$ の増幅を起こさせるか、または、コアにPrおよびYbを共添加したファイバを増幅媒体として、例えば、波長 $0.98\mu\text{m}$ で励起し、Ybの $^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ 遷移によるレーザ発信を起こさせることなく、YbからPrにエネルギー移動を起こさせてPrの $^1G_4$ 準位を励起し、波長 $1.3\mu\text{m}$ の光を増幅させていた。しかし、この方法では、励起状態イオン密度は、励起光強度に比例するため、励起光強度が何らかの理由で変動すると、それに従属して励起状態イオン密度が変化してしまい、その結果、利得の変動が生じる。

【0010】 これに対して、レーザ発振状態では、レーザ発振の始準位の励起状態イオン密度は、励起光強度によらず一定となる。したがって、Ybの $^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ 移のレーザ発振を起こさせることにより、 $^2F_{5/2}$ 準位の励起状態イオン密度を一定とし、この状態でYbの $^2F_{5/2}$ 準位からPrの $^1G_4$ 準位へのエネルギー移動を利用してPrの $^1G_4$ 準位を励起すれば、励起光強度が変動しても、 $^1G_4$ 準位の励起状態イオン密度は変化することはない。

【0011】 本発明では、このようにYbの $^2F_{5/2} \rightarrow ^2F_{7/2}$ 遷移のレーザ発振を積極的に起こさせる構成、すなわち、増幅媒体の入力または出力端の少なくとも一方に光反射体を挿入した構成を増幅器構造に導入した点が従来の光増幅器と異なる。

## 【0012】

【実施例】 以下、実施例により本発明をさらに具体的に

説明する。

【0013】（実施例1）コアが56ZrF<sub>4</sub> - 14BaF<sub>2</sub> - 3.5LaF<sub>3</sub> - 2.5AlF<sub>3</sub> - 7LiF（モル%）からなり、クラッドが47.5ZrF<sub>4</sub> - 23.5BaF<sub>2</sub> - 2.5LaF<sub>3</sub> - 2.5YF<sub>3</sub> - 4.5AlF<sub>3</sub> - 20NaF（モル%）の成分からなり、前記コアにPr（2000ppm）およびYb（3000ppm）が添加されたフッ化物光ファイバ（コア径1.8μm、比屈折率差Δn=3.7%）の4mを増幅媒体として、図2の構成で1.3μmの光増幅を行った。つまり、励起用半導体レーザー1（発振波長0.94μm）および光信号用半導体レーザー2（発振波長1.30μm）を光カプラ3に光学的に結合して合波し、上記組成の増幅用ファイバ5に入射させるようにした。

【0014】増幅用ファイバ5の両端には、励起波長0.94μm、信号波長1.30μmで99%以上の透過率を有し、1.04μmで50%の反射率を有する光反射体4、6を挿入して、増幅用ファイバ5を光カプラ3とに光学的に結合するとともに、光ファイバピグテイル7に光学的に結合した。光ファイバピグテイル7からの出力は光スペクトルアナライザ8でモニターした。

【0015】図3は、本実施例1の光増幅器で得られた1.30μmにおける利得の励起光強度依存性である。励起光強度が0mWから約450mWまでの利得は、励起光強度の増大にしたがって増加していったが、450mW以上では励起光強度が増加しても利得は増大しなかった。この励起光強度領域では、光スペクトルアナライザ8でモニターしたところ、1.04μmでレーザー発振が起こっていた。450mW以上の励起光強度領域で利得が一定となったのは、Ybによる1.04μmのレーザー発振が起こったため、そのレーザー始準位である<sup>2</sup>F<sub>5/2</sub>準位の励起密度が励起光強度によらず一定となり、その結果、<sup>2</sup>F<sub>5/2</sub>準位からのエネルギー移動により励起されるPrの<sup>1</sup>G<sub>4</sub>準位の励起密度が一定となったためである。

【0016】また、励起光強度を550mWを中心として振幅20mWで0Hzから200MHzに亘り強度変調をかけて、1.30μmの増幅された信号強度の周波数スペクトルを測定したところ、励起光強度に追従する信号光の変動はなく、時間的に安定した出力が得られることがわかった。

【0017】本実施例で、励起波長を0.94μmとしたのは、Prの<sup>1</sup>G<sub>4</sub>準位の吸収帯の中心波長である1.017μmを外すことにより、Prが直接励起される割合を減じ、Ybのレーザー発振による利得の固定効果を出しやすくしたためであるが、実際に使用できる励起波長は、この波長に限られるものではない。

【0018】1.017μmから0.80μmの波長で励起した場合でも利得の固定現象は観測できた。ただし、励起波長をYbの中心吸収波長である0.98μm

より短波長側に大きく（例えば、0.8μmに近い波長に）離す場合には、励起光の吸収能を上げるため、Ybの濃度を増加させることが有効である。また、1.017μmより長波長（例えば、1.029μm、1.047μm、1.053μm）で励起しても有効であった。

【0019】（適用例）前記実施例1の構成で、励起光源を発振波長0.98μmの半導体レーザーとした光増幅器を、アナログ（AM）映像伝送に応用した。その結果、CNR（キャリア雑音比）55dB以上の良好な映像伝送を行うことができた。

【0020】（実施例2）図4は、本発明の第2の実施例に係る光増幅器の構成図であり、この光増幅器は、実施例1において反射体4および6を取り除き、増幅用ファイバ5（実施例1と同一仕様）の一端を直接光カプラ3に接続し、他端に1.05μmでの反射率40%で、1.30μmでの透過率95%のファイバグレーティング（光反射体）9を結合したものである。この光増幅器を、0.98μmの波長で励起したところ、実施例1と同様、1.30μmの利得の固定現象が観測された。このとき、Ybによる1.05μmのレーザー発振が起こっていた。

【0021】上記実施例1、2では、Prのホストとしてフッ化物光ファイバを用いたが、他のホスト、例えば、カルコゲナイド光ファイバ、InF<sub>3</sub>系フッ化物光ファイバ、テルライト光ファイバ、ミックスドハライド光ファイバであってもよい。

【0022】また、Ybのレーザー発振を起こさせる波長は、1.04μm、1.05μmに限定される訳ではなく、励起波長より長波長側ならばよい。したがって、光反射体の特性も起こさせようとするレーザー発振に合わせて設計すればよい。

【0023】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、励起光強度の変動による利得変動のない光ファイバ増幅器が得られる。したがって、優れた雑音特性が要求されるアナログ（例えば、AM変調方式による）映像伝送方式に応用することも可能であり、映像伝送方式の高性能化、経済化に貢献できる、という利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の特徴を説明するためのエネルギーダイアグラムである。

【図2】本発明の第1の実施例に係る光増幅器の構成図である。

【図3】本発明の第1の実施例に係る光増幅器の利得特性を示すグラフである。

【図4】本発明の第2の実施例に係る光増幅器の構成図である。

【符号の説明】

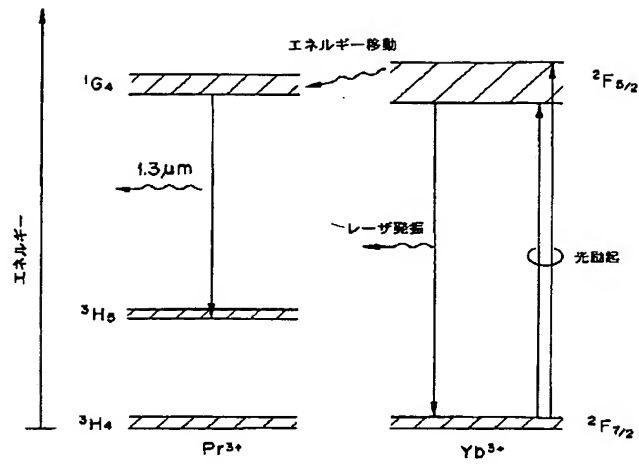
1 励起用半導体レーザー

2 信号光源

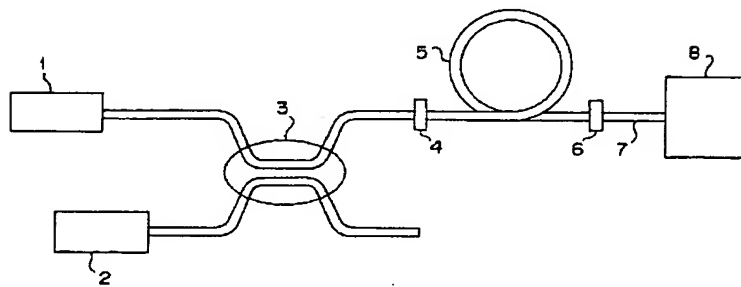
- 3 光カプラ
- 4 光反射体
- 5 増幅用ファイバ
- 6 光反射体

- 7 光ファイバピグテイル
- 8 光スペクトラムアナライザ
- 9 ファイバグレーティング (光反射体)

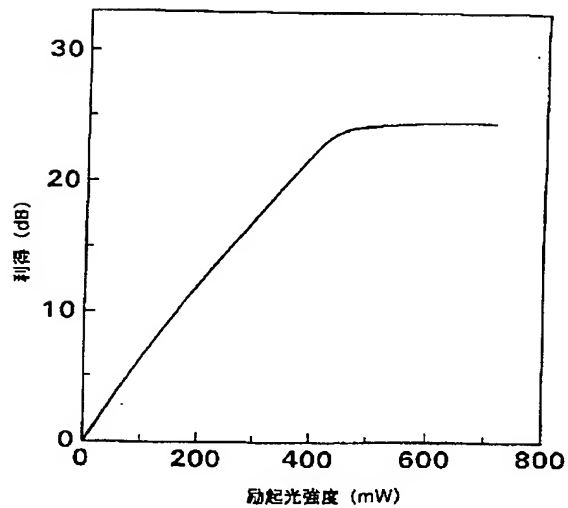
【図 1】



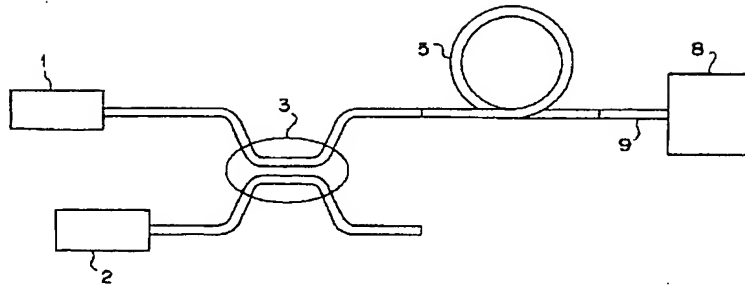
【図 2】



【図 3】



【図 4】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/10	Z		
	3/17			
(72)発明者 山田 誠		(72)発明者 須藤 昭一		
東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日		東京都千代田区内幸町 1 丁目 1 番 6 号 日		
本電信電話株式会社内		本電信電話株式会社内		